

**PENGARUH SUHU DAN TEKANAN VULKANISASI TERHADAP  
MORFOLOGI DAN SIFAT KARET ALAM VULKANISAT (*THERMOSET  
RUBBER*) DENGAN *FILLER* ABU SAWIT/*CARBON BLACK***

**Muhammad Isra, Irdoni, Bahrudin**

Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

E-mail : muhammadisra75@yahoo.com

***ABSTRACT***

*The production of natural rubber increase sufficient good in indonesia, while the natural rubber to be a product with a high valuable price still less developed than other countries. Therefore, we have to efforts it to employing this natural rubber be a product with a high valuable price from the raw material (natural rubber) to be vulcanized natural rubber using vulcanization process. The purpose of this study is to obtain the best conditions of the vulcanization process in the manufacture of vulcanized natural rubber with fly ash/carbon black filler, which is the variation of temperature 140, 150 and 160 °C and pressure of 50,100,150 and 200 kgf/cm<sup>2</sup>. The results vulcanized natural rubber of will be tested, it's mechanical properties and morphology. Based on average yield mechanical properties and morphology tested is obtained that the operating conditions vulcanization process is temperature 150 °C and a pressure of 200 kgf/cm<sup>2</sup>.*

**Keyword :** *Natural rubber, Vulcanization, Vulcanized Natural Rubber.*

**Pendahuluan**

Sampai saat ini karet alam berperan penting dalam ekspor Indonesia. Indonesia merupakan produsen karet nomor dua terbesar di dunia setelah Thailand [Honggokusumo, 2010]. Berdasarkan data Dirjen Perkebunan, luas areal perkebunan karet nasional pada 1968 baru 2,2 juta hektare tapi meningkat pesat pada 2009 mencapai 3,43 juta hektare yang terdiri 85% perkebunan rakyat, 8% swasta dan 7% dari BUMN Sementara itu, produksi karet

nasional pada tahun 2010 mencapai 2,4 juta ton dengan produktivitas 0,9 ton/hektar, sedangkan ekspor mencapai 1,99 juta ton. Pada tahun 2013, produksi karet nasional diperkirakan mencapai 2,7 juta ton dari luas areal tanam 3,6 juta hektare serta produktivitas 0,95 ton/hektare. [Dirjen perkebunan,2012]. Namun potensi ini belum dimanfaatkan secara optimal mengingat usaha perkaretan di Indonesia masih tergolong kurang maju bila dibandingkan dengan perkembangan

produksi dan kemajuan teknologi di negara lain.

Pembuatan bahan karet alam vulkanisat (*thermoset rubber*) dari bahan karet alam adalah salah satu potensi produk Indonesia yang sangat menjanjikan pada masa sekarang dan akan datang. Karet alam vulkanisat (*thermoset rubber*) memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap temperatur yang ekstrim, memiliki ketahanan terhadap bahan-bahan kimia, bersifat tahan air, memiliki ketahanan terhadap sinar UV, tidak mudah terdegradasi sehingga sangat cocok sebagai bahan dalam pembuatan ban [Graham dan Zhang, 2008].

Secara umum, Penelitian mengenai karet vulkanisat ini sudah sangat berkembang. Namun beberapa tahun terakhir, pengembangan-pengembangan masih tetap dilakukan untuk meningkatkan spesifikasi produk dari karet alam vulkanisat (*thermoset rubber*) tanpa adanya pengembangan yang berfokus pada kondisi optimal proses vulkanisasi. Modifikasi karet alam dengan proses vulkanisasi telah dilakukan oleh Hanafi dkk (2003); Kumnuantip dkk (2005); Mary dkk (2006); Xinxing dkk (2008); Sirilux dkk (2010); Moonchai dkk (2012); Atur (2012); Lili (2012).

Pada penelitian sebelumnya, Hanafi dkk (2003) melakukan modifikasi karet alam dengan menggunakan suhu vulkanisasi 170 °C dengan waktu vulkanisasi selama 10 menit. Kumnuantip dkk (2005) memodifikasi karet dengan suhu vulkanisasi 145 °C dan tekanan vulkanisasi 170 kg/cm<sup>2</sup> menggunakan *microwave (MV) irradiation* dan *thermal cure (CT) system*. Mary dkk

(2006) memodifikasi karet dengan suhu vulkanisasi 150 °C dan tekanan vulkanisasi 11,6 Mpa. Xinxing dkk (2008) memodifikasi karet dengan menggunakan suhu vulkanisasi 150 °C dan tekanan 10 Mpa menggunakan *press molding*. Sirilux dkk (2010) memodifikasi karet dengan suhu vulkanisasi 150 °C dalam waktu 15 menit dengan ketebalan *molding* 2 mm. Moonchai dkk (2012) memodifikasi karet alam dengan suhu 150 °C selama 60 menit. Atur (2012) memodifikasi dengan suhu vulkanisasi 140 °C selama 25 menit. Lili (2012) menggunakan suhu vulkanisasi 150 °C dan tekanan vulkanisasi 50 kgf/cm<sup>2</sup> selama 10 menit dengan variasi kadar *filler hibrid carbon black*/abu sawit.

Bedasarkan penelitian sebelumnya, dalam memodifikasi karet alam dengan proses vulkanisasi, suhu dan tekanan vulkanisasi sangat mempengaruhi pada morfologi dan sifat karet alam vulkanisat (*thermoset rubber*). Oleh karena itu untuk mendapatkan morfologi dan sifat karet alam vulkanisat (*thermoset rubber*) yang baik maka perlu dilakukan pengembangan dalam modifikasi karet alam melalui proses vulkanisasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi operasi terbaik pada karet alam vulkanisat (*thermoset rubber*) dengan *filler Hibrid* abu sawit/*carbon black* melalui variasi suhu dan tekanan vulkanisasi.

## **Metode Penelitian**

### **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Karet Alam jenis SIR-20, *carbon black* tipe N330, abu sawit, paraffin, sulfur, *Mercapto*

*dibenzothiazyl disulfide* (MBTS), Zink oksida, *Trimethylquinone* (TMQ), Asam stearat, *Maleat Natural Rubber* (MNR).

#### Alat

Peralatan alat yang digunakan yaitu *roll mill*, *hot press*, alat potong *dumbbell*, *universal testing machine* dan *scanning electron microscope* (SEM). Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu :

#### Persiapan *filler hybrid*

Abu sawit (*fly ash*) yang akan digunakan dioven terlebih dahulu dengan suhu  $\pm 100^{\circ}\text{C}$  untuk mendapatkan berat kostan, kemudian diayak sebesar 200 mesh. Mengetahui kadar silika pada abu sawit yaitu sekitar 57,75% . Setelah itu abu sawit dicampurkan dengan *carbon black* dengan rasio massa 70/30 phr terbentuklah *filler hybrid*.

#### Penyiapan MNR

Karet alam (NR) dimastikasi di dalam internal mixer jenis Banbury Type B60 B selama 2 menit dengan temperatur divariasikan dan kecepatan rotor 60 rpm. Setelah di mastikasi ditambahkan *maleat anhidrida* (MA) dengan konsentrasi divariasikan dan di-mixer selama 10 menit. *Maleated anhidrida* (MA) yang tidak ter-grafting pada karet alam dihilangkan dengan cara merefluks dengan toluena pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam. Kemudian MNR yang telah bebas MA dicuci dengan menggunakan air dan dikeringkan dengan pengovenan pada suhu  $120^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam.

#### Penyiapan Kompon Karet

Kompon karet merupakan campuran yang terdiri dari SIR-20, parafin, MNR, Filler Hybrid, ZnO, asam stearat, TMQ, MBTS, dan sulfur yang dibuat menggunakan Roll Mill. Proses pembuatan dilakukan pada suhu kamar dengan urutan proses pencampuran ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Urutan proses pembuatan komponen karet

Aktivitas	Kuantitas (phr)	Waktu Pencampuran (menit)
Mastikasi Karet	100	15
Penambahan <i>plasticizer</i>	2,5	3
Penambahan MNR	8	3
<i>Filler hybrid</i>	30	4
Penambahan ZnO <i>activator</i>	5	4
Penambahan asam <i>stearat</i>	3	4
Penambahan TMQ	1	4
Penambahan MBTS	0,6	4
Penambahan Sulfur	3	4
Finising	-	4

#### Prosedur Vulkanisasi

Proses vulkanisasi komponen ini dilakukan pada alat *hot press* dengan membentuknya seperti lembaran flat.

Kompon dibentuk lembaran dan dipotong sebesar ukuran cetakan (*spisel*). Kedua permukaan *spisel* ditutupi dengan *glossing plate* yaitu logam datar yang terbuat dari aluminium. Alat *hot press* diset pada suhu sesuai dengan variabel bebas yang digunakan yaitu 140, 150 dan 160 °C, kemudian sampel yang telah berada didalam cetakan di-*press* dengan tekanan yang sesuai dengan variabel bebas yang digunakan yaitu 50,100,150 dan 200 kgf/cm<sup>2</sup> selama 10 menit. Sampel yang terbentuk merupakan kompon yang telah mengalami vulkanisasi (karet vulkanisat).

#### **Pengujian Karet Vulkanisat** **Pengujian Sifat Mekanik**

Pengujian sifat mekanik meliputi *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic*. Penyiapan sampel dilakukan dalam dua tahap yaitu pembuatan spesimen uji (ISO 527-2 type 5A) dan proses uji tarik (*tensile testing*).

Spesimen uji di bentuk menggunakan alat dumbbel sesuai dengan ISO 527-2 type 5A sebelum melakukan *uji tensile*. Spesimen dipotong dari setiap titik pada lembaran sampel dan minimal berjumlah 5 spesimen. Spesimen tersebut diuji tarik dengan kecepatan 500 mm/menit. Hasil uji tarik yang

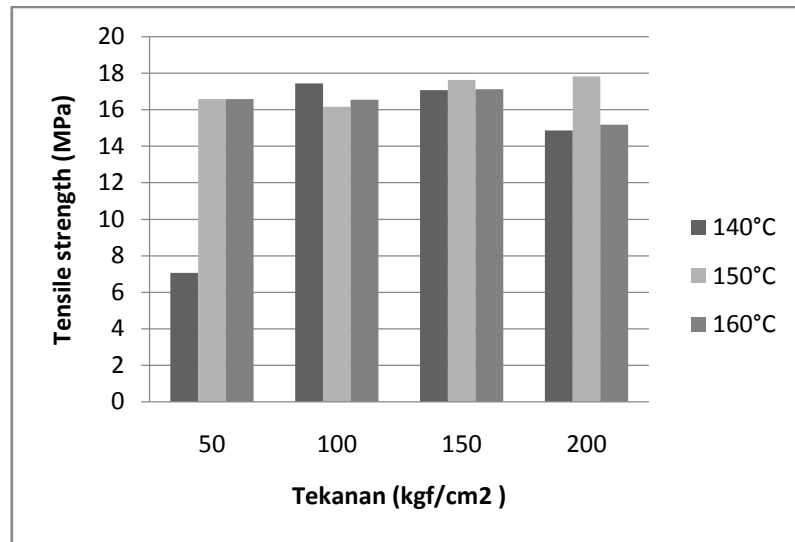
diperoleh berupa grafik hubungan tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*) dari masing-masing spesimen uji.

#### **Pengujian SEM**

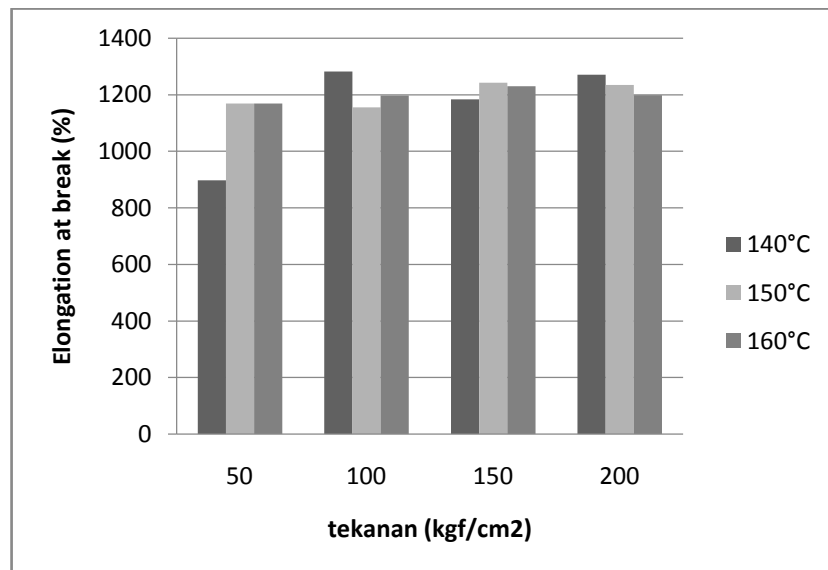
Pengujian dilakukan pada permukaan patahan sampel. Untuk menghindari perubahan bentuk permukaan fasa ketika diptahkan, sampel terlebih dahulu direndam didalam nitrogen cair selama  $\pm 2$  menit agar tekstur campuran menjadi keras dan awet sehingga permukaan sampel tidak rusak pada saat dipatahkan. Sampel yang telah direndam nitrogen cair dipatahkan dan dilapisi emas (*coating* emas) agar sampel bersifat konduktor. Perbesaran morfologi sampel dilakukan untuk dapat mengamati distribusi *filler* didalam kompon karet dengan cukup jelas [Sartono, 2006].

#### **Hasil dan Pembahasan** **Sifat Mekanik Karet Vulkanisat**

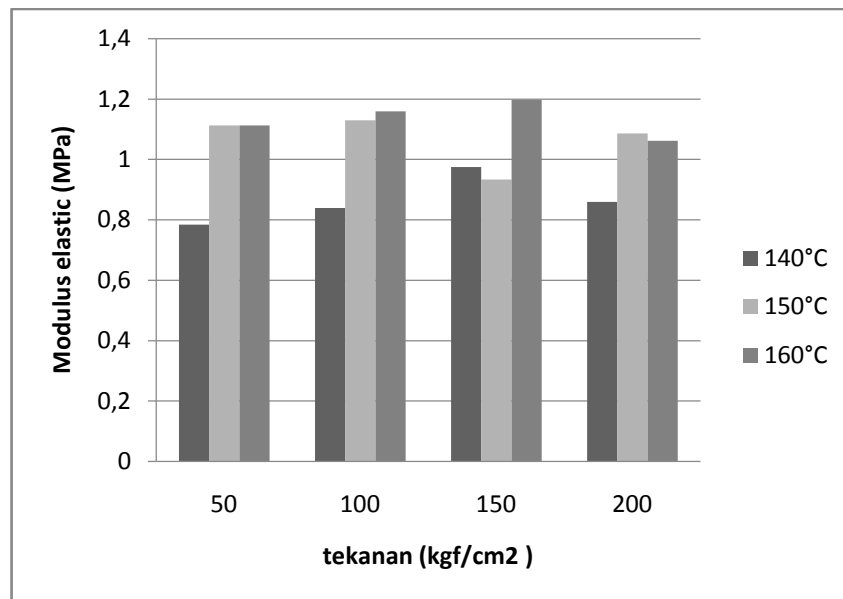
Parameter yang menjadi dasar utama dalam menilai sifat mekanik suatu material karet vulkanisat adalah nilai *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic* yang dihasilkan. Hasil analisa sifat mekanik karet vulkanisat dengan variasi suhu dan tekanan vulkanisasi yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1,2 dan 3.



**Gambar 1** Pengaruh Suhu dan Tekanan Vulkanisasi terhadap *Tensile Strength*



**Gambar 2** Pengaruh Suhu dan Tekanan Vulkanisasi terhadap *Elongation at Break*



**Gambar 3** Pengaruh Suhu dan Tekanan Vulkanisasi terhadap *Modulus Elastic*

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan pengaruh suhu dan tekanan vulkanisasi pada karet alam vulkanisat terhadap *tensile strength*. *Tensile strength* adalah tegangan maksimum yang material dapat menahan ketika sedang diregangkan atau ditarik sebelum necking, yaitu ketika spesimen penampang mulai signifikan kontrak. Dapat dilihat bahwa peningkatan *tensile strength* tertinggi terjadi pada suhu dan tekanan vulkanisasi 150 °C dan 200 kgf/cm<sup>2</sup> diikuti peningkatan dibawahnya pada suhu dan tekanan vulkanisasi 150 °C dan 150 kgf/cm<sup>2</sup> dan peningkatan terendah pada suhu dan tekanan vulkanisasi 140 °C dan 50 kgf/cm<sup>2</sup>. Jadi dapat diketahui bahwa suhu dan tekanan vulkanisasi terbaik pada penelitian ini adalah 150 °C dan 200 kgf/cm<sup>2</sup> yaitu sebesar 17,82 MPa. Hal ini menunjukan bahwa pada suhu dan tekanan vulkanisasi tersebut sifat karet alam vulkanisat mengalami peningkatan

kualitas yang baik. Peningkatan ini terjadi akibat reaksi vulkanisasi terjadi pada kondisi operasi yang baik. Akibat dari ikatan *crosslinking* pada karet alam terbentuk secara baik..

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan pengaruh suhu dan tekanan vulkanisasi pada karet vulkanisat terhadap *elongation at break*. *Elongation at break* adalah regangan pada sampel pada saat sebelum sampel putus. Dapat dilihat bahwa pada suhu dan tekanan vulkanisasi terbaik 150 °C dan 200 kgf/cm<sup>2</sup> nilai *Elongation at break* sebesar 1234,7 %. Hal ini memperlihatkan bahwa pada suhu dan tekanan vulkanisasi tersebut mengakibatkan sifat karet alam vulkanisat tersebut mengalami peningkatan kualitas yang baik. Peningkatan ini juga terjadi akibat reaksi vulkanisasi terjadi pada kondisi operasi yang baik. Akibat dari ikatan *crosslinking* pada karet alam

terbentuk secara baik. Namun *elongation at break* pada suhu dan tekanan tersebut melebihi dari 1000 %. Hal ini menunjukkan bahwa waktu vulkanisasi yang digunakan masih terlalu kecil, yang mengakibatkan reaksi vulkanisasi tidak terjadi secara sempurna. Reaksi vulkanisasi terjadi secara sempurna jika *elongation at break* kecil dari 1000 %. *Elongation at break* terendah terjadi pada suhu dan tekanan vulkanisasi 140 °C dan 50 kgf/cm<sup>2</sup> sebesar 897,8 %.

Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan pengaruh suhu dan tekanan vulkanisasi pada karet vulkanisat terhadap *Modulus Elastic*. *Modulus Elastic* adalah perbandingan antara tegangan dengan regangan suatu bahan selama gaya yang bekerja tidak melampaui batas elastisitasnya. Dapat dilihat bahwa pada suhu dan tekanan vulkanisasi terbaik 150 °C dan 200 kgf/cm<sup>2</sup> nilai *Modulus Elastic* sebesar 1,0865 Mpa. Hal ini memperlihatkan bahwa pada suhu dan tekanan vulkanisasi tersebut mengakibatkan sifat karet alam vulkanisat tersebut mengalami peningkatan kualitas yang baik. Peningkatan ini terjadi akibat reaksi vulkanisasi terjadi pada kondisi operasi yang baik. Akibat dari ikatan *crosslinking* pada karet alam terbentuk secara baik. *Modulus Elastic* terendah terjadi pada suhu dan tekanan vulkanisasi 140 °C dan 50 kgf/cm<sup>2</sup> sebesar 0,784 Mpa.

Sifat mekanik karet vulkanisat yang dihasilkan pada penelitian ini tergolong baik. *Tensile strength* dan *modulus elastic* yang dihasilkan pada penelitian ini masih lebih rendah jika

dibandingkan dengan penelitian mengenai karet vulkanisat sebelumnya seperti terlihat pada Tabel 2. Lili (2012) dengan menggunakan *filler hybrid carbon black* N330/abu sawit (70/30 phr) dengan kadar *filler* total 30 phr menghasilkan sifat mekanik karet vulkanisat yang cukup baik. *Tensile strength* yang diperoleh 19,6 MPa, *elongation at break* 1500 % dan *modulus elastic* 0,75. *Tensile strength* dan *modulus elastic* yang diperoleh Lili lebih tinggi karena menggunakan *carbon black* yang bagus dan proses pencampuran polimer dan bahan-bahan lainnya berlangsung dengan waktu yang bagus. Sirilux (2010) menggunakan *filler calcium carbonate* pada kadar *filler* total 20 phr tanpa menggunakan *coupling agent* diperoleh *tensile strength* 21 MPa dan *elongation at break* 700 %. Siriulux menggunakan *filler calcium carbonate* ukuran nano untuk bahan mastikasi, sehingga *tensile strength* yang dihasilkan lebih bagus.

Sementara Mary (2006) menggunakan *filler* silika 15 phr memperoleh *tensile strength* 30 MPa dan *elongation at break* 1100 %. Hasil ini diperoleh karena mary menggunakan *filler silica cardanol* yang menghasilkan sifat mekanik lebih baik dan mempersingkat waktu vulkanisasi. Moonchai (2012) menggunakan *filler rice bran*, sifat mekanik tidak meningkat secara signifikan karena *filler* yang digunakan merupakan *filler* tidak aktif.

**Tabel 2** Perbandingan sifat mekanik karet vulkanisat

Keterangan	Mary (2006)	Xinxing (2008)	Sirilux (2010)	Moonchai (2012)	Lili (2012)	Penelitian ini
<i>Filler</i> yang digunakan	<i>Silica (cardanol)</i>	Carbon Black	<i>Calcium Carbonate</i>	<i>Rice bran</i>	<i>Carbon black/abu sawit</i>	<i>Carbon black/abu sawit</i>
Rasio massa <i>filler hybrid</i> (phr)	-	-	-	-	70/30	70/30
Kadar <i>filler</i> (phr)	15	35	20	50	30	30
Alat yang digunakan	<i>Roll mill</i>	Pan-Mill	Roll Mill	<i>Internal mixer</i>	<i>Roll mill</i>	<i>Roll mill</i>
<i>Coupling agent</i>	-	-	Tidak	Tidak	Tidak	Iya
<i>Tensile strength</i> (MPa)	30	23,2	21	7,09	19,6	17,82
<i>Elongation at break</i> (%)	1100	600	700	500	1500	1234,7
<i>Modulus elastic</i> (MPa)	-	3,6	0,95	1,85	0,75	1,086

Sampel karet vulkanisat yang menggunakan *filler hybrid carbon black/abu sawit* dengan suhu dan tekanan vulkanisasi ini dapat direkomendasikan sebagai material karet vulkanisat yang baik digunakan sebagai kompon ban dalam kendaraan bermotor karena memiliki rata-rata nilai *tensile strength* yang lebih besar dari 11,8 MPa dan *elongation at break* besar dari 500 % [SNI 06-1542-2006]. Dan juga dapat

digunakan sebagai kompon untuk sol sepatu dengan *tensile strength* minimal 5 N/mm<sup>2</sup> dan *elongation at break* minimal 100 % dan kompon sol luar sepatu dengan *tensile strength* 4,9 N/mm<sup>2</sup> dan *elongation at break* minimal 100% dan kompon sol luar sepatu dengan *tensile strength* 4,9 N/mm<sup>2</sup> dan *elongation at break* minimal 100 % seperti yang terlihat pada Tabel 3.



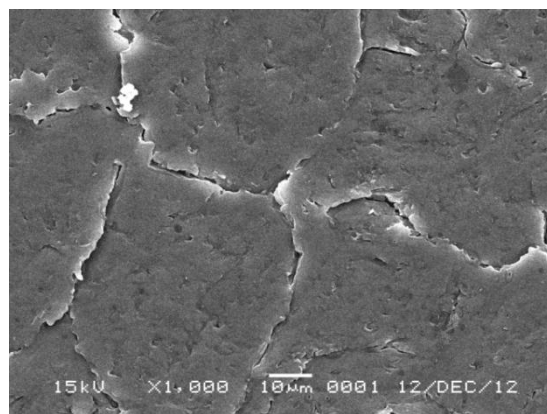
**Tabel 3** Standar mutu untuk beberapa produk karet vulkanisat

No.	Jenis uji	Standar Mutu Kompon Ban Dalam Kendaraan Bermotor (SNI 06- 1542-2006)	Standar Mutu Kompon Sol Sepatu (SNI 12- 0172-1987)	Standar Mutu Kompon Sol Luar Sepatu (SNI 12- 0172-2005)	Penelitian ini
1	<i>Tensile strength</i> (N/mm <sup>2</sup> )	Min 11,8	Min 5	Min 4,9	17,82
2	<i>Elongation at break</i> (%)	Min 500	Min 100	Min 100	1234,7
3	Perpanjangan tetap 100%	Maks 7,5	Maks 10	-	-
4	<i>Tear strength</i> (N/mm <sup>2</sup> )	Min 7,5	Min 2,5	Min 2,45	-
5	<i>Abrasion</i> (mm <sup>3</sup> /kg) <i>resistance</i>	-	Maks 2,5	Maks 2,5	-

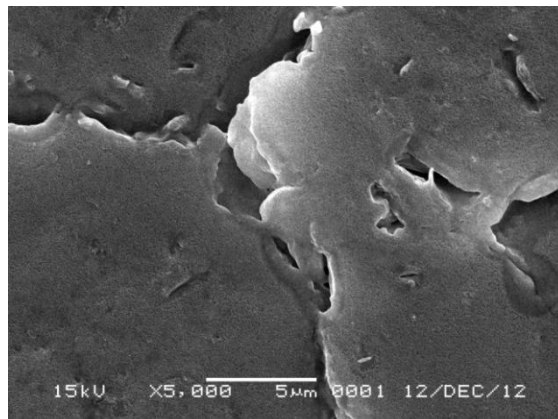
### Morfologi Karet Vulkanisat

Uji Morfologi atau uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) karet vulkanisat dilakukan untuk mengetahui persebaran *filler hibrid carbon black*/abu sawit yang berpengaruh pada sifat karet alam vulkanisat tersebut. Hasil SEM (*Scanning Electron Microscopy*) berupa gambar persebaran *filler*

dengan berbagai skala pembesaran. Skala pembesaran yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah pembesaran 1000 kali dan 5000 kali. Sampel yang diuji SEM adalah sampel yang mempunyai sifat karet vulkanisat yang terbaik yaitu sampel pada suhu dan tekanan vulkanisasi 150 °C dan 200 kgf/cm<sup>2</sup>.



(a)



(b)

Gambar 4(a) dan (b) Micrograph SEM karet vulkanisat dengan Suhu dan Tekanan vulkanisasi 150 °C dan 150 kgf/cm<sup>2</sup>

Gambar 4(a) dengan pembesaran 1000 kali menunjukkan penyebaran *filler* yang cukup merata pada karet vulkanisat rasio massa *filler hybrid carbon black*/abu sawit 70/30 dan kadar *filler* 30 phr dengan suhu dan tekanan vulkanisasi 150 °C dan 150 kgf/cm<sup>2</sup>. *Filler* terdistribusi dengan baik, hampir disetiap bagian polimer terdapat *filler*. Gambar 4(b) dengan perbesaran 5000 kali menunjukkan interaksi antara polimer dan *filler*, masih terdapat rongga kosong antara polimer dan *filler hybrid*. Rongga kosong terjadi karena kecenderungan abu sawit yang membentuk aglomerasi dikarenakan silika pada abu sawit memiliki gugus hidroksil yang akan berusaha membantu ikatan hidrogen dengan molekul silika atau material kimia lain yang bersifat polar. Penyebaran *filler* yang cukup merata pada gambar dengan perbesaran yang lebih kecil belum mengindikasikan bahwa interaksi antara polimer dan *filler* juga akan baik. Hal ini berpengaruh terhadap nilai *tensile strength* karet vulkanisat tersebut, dimana rata-rata *tensile strength* yang dihasilkan *filler*

*hybrid carbon black*/abu sawit lebih rendah dari karet vulkanisat dengan massa *filler carbon black* (Xinxing 2008). *Elongation at break* karet vulkanisat *filler hybrid carbon black*/abu sawit lebih besar dibanding karet vulkanisat yang menggunakan *carbon black* (Xinxing 2008) karena kadar *carbon black* yang digunakan lebih kecil. Rongga-rongga kosong yang ada mengindikasikan interaksi yang kurang baik antara *filler* dan polimer.

### Kesimpulan

Karet vulkanisat dengan sifat mekanik terbaik diperoleh pada saat suhu dan tekanan vulkanisasi 150 C, 200 kgf/cm<sup>2</sup> dengan *tensile strength* 17,82 MPa, *elongation at break* 1234,7 % dan *modulus elastic* 1,086 MPa. Karet vulkanisat yang dihasilkan dapat direkomendasikan sebagai bahan kompon ban dalam kendaraan bermotor (SNI 06-1542-2006) dan sebagai kompon sol sepatu (SNI 12-0172-1987).

## Saran

Pada saat melakukan *roll mill* dilakukan sesuai dengan prosedur waktunya sampai bahan benar-benar homogen. Dan waktu proses vulkanisasi dilakukan sampai karet alam vulkanisat tervulkanisasi sempurna.

## Ucapan Trima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada lili saktiani, dikti,BEM fakultas teknik 2012-2013, jurusan teknik kimia yang telah memberikan bantuan tenaga,semangat maupun pembiayaan dalam penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Atur,R,S, 2012, Studi Pengaruh Ukuran Partikel dan Jumlah PHR Carbon Black Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Sifat Mekanik Produk Karet Alam. Skripsi Sarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Dirjen Perkebunan, Departemen Pertanian.  
<http://ditjenbun.deptan.go.id/> Di akses 18 Maret 2013.
- Graham, Zhang, 2008, Rubber Products-Thermoset Rubber, <http://www.chinamould.com>, 27 Januari 2013.
- Hanafi, I. Zurina M. Azhar A,B 2003, *The Effect Of Dynamic Vulkanization on Properties Of Rice Husk Powder Filled Polystyrene/Styrene Butadiene Rubber Blends*, Universiti Sains Malaysia, Malaysia.
- Honggokusumo, S., 2010, Produktivitas Kebun Karet Indonesia Rendah, <http://www.infokaretalamindonesia.blogspot.com>, 2 April 2012
- Kumnuantip, C. Sombatsompop, N. 2005, *Effect Of Reclaimed Rubber Content In NR/Carbon Black Vulkanizates Using Microwave Irradiation System*, Bangkok, Thailand.
- Lili, S. Pengaruh Kadar Dan Rasio Massa Filler Hybrid Carbon Black/Abu Sawit Terhadap Morfologi dan Sifat Material Karet Alam Vulkanisat, Skripsi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Mary, A. Philip, K dan Eby,T,T. 2006. *Effectiveness Of Cardanol As Plasticizer For Silica-Filled Natural Rubber*. India.
- Moonchai. Natthapong, M dan Nipon, P.2012. *Comparative Properties Of Natural Rubber Vulcanizates Filled With Defatted Rice Bran, Clay and Calcium Carbonate*. Maejo University. Thailand.
- Sartono, A. A., 2006, Scanning Electron Microscope (SEM), <http://www.agfipusat.com/gudang/lain2/Paper%205%20SEM.pdf>.
- Saowapark, T, 2005, Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon Black Hibrid Filler, *Thesis*, Mahidol University.
- Sirilux, P. Srisuwan, L. Rojrit, R. Dan Pattarapan, P. 2010. *Improving Oxidation Stability and Mechanical Properties Of natural Rubber Vulcanizate Filled With Calcium Carbonate Modified by Gallic Acid*. Thailand.

Wang, M. J., P. Zhang., dan K. Mahmud., 2001, Carbon-Silica Dual Phase Filler, A New Generation Reinforcing Agent For Rubber, *Rubber Chemistry and Technology*, 74 (1), 124-128

Xinxing Z. Chanhui, L. dan Mei, L. 2008. Properties of Natural Rubber Vulcanizates Containing Mechanochemically Devulcanized Ground Tite Rubber. China.